

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子において、

p型半導体側のコンタクト層と前記コンタクト層に接続する光を反射する厚膜正電極との間に発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層を設けたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項2】 前記薄膜金属層の膜厚は、50Å～500Åであることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項3】 前記薄膜金属層は、複数の種類の金属より形成された多層構造をしていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項4】 前記厚膜正電極は、複数の種類の金属より形成された多層構造をしていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項5】 前記薄膜金属層は、プラチナ(Pt)、コバルト(Co)、金(Au)、パラジウム(Pd)、ニッケル(Ni)、マグネシウム(Mg)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、ビスマス(Bi)またはレニウム(Re)の内の少なくとも1種類の金属を含んでいることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項6】 前記厚膜正電極は、プラチナ(Pt)、コバルト(Co)、金(Au)、パラジウム(Pd)、ニッケル(Ni)、マグネシウム(Mg)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)、銅(Cu)、スズ(Sn)またはロジウム(Rh)の内の少なくとも1種類の金属を含んでいることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項7】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子の製造方法であって、

p型半導体側のコンタクト層に接続する光を反射する厚膜正電極を形成する前に、前記コンタクト層の上に発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層を形成し、この薄膜金属層を熱処理した後に前記厚膜正電極を形成することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体素子の製造方法。

【請求項8】 前記熱処理は、酸素(O₂)雰囲気中で行われることを特徴とする請求項7に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に窒化ガリ

ウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子に関し、特に発光ムラがなく、高光度で、駆動電圧の低いフリップチップ型の発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】図4に、従来技術によるフリップチップ型の発光素子400の断面図を示す。101は、サファイヤ基板、102は、AlNバッファ層、103は、n型のGa_{0.5}N層、104は、n型のGa_{0.5}Nクラッド層、105は、活性層、106は、p型のAlGa_{0.5}Nクラッド層、107は、p型のGa_{0.5}Nコンタクト層、420は、正電極、130は、保護膜、140は、多層構造の負電極である。また、コンタクト層107に接続されている正電極420は、例えば、ニッケル(Ni)より成る膜厚3000Åの金属層により形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】サファイヤ基板101の側に光を十分に反射させるために、通常フリップチップ型の正電極420には、厚膜のメタル電極を用いる。しかし、コンタクト層107上に直接厚膜の正電極420を形成した場合、コンタクト層107との接触面における接触抵抗は、不均一となり、点状に接触抵抗の低い所が多数発生する。このため、この接触面を通る電流の面密度にムラが生じ、電流は、接触抵抗の小さな箇所に集中するようになる。したがって、活性層の光度にも空間的なムラが発生する。また、コンタクト層107上に直接厚膜の正電極420を形成した場合、接触面全体としての接触抵抗の値が大きくなるため、発光素子400の駆動電圧は高くなる。

【0004】本発明は、上記の問題を解決するために成されたものであり、その目的は、発光光度にムラがなく、高光度、低駆動電圧の発光素子を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するための第1の手段は、基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子において、p型半導体側のコンタクト層と前記コンタクト層に接続する光を反射する厚膜正電極との間に発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層を設けることである。また、第2の手段は、上記の薄膜金属層の膜厚を50Å～500Åとすることである。また、第3の手段は、上記の薄膜金属層を複数の種類の金属より形成された多層構造とすることである。また、第4の手段は、上記の厚膜正電極を複数の種類の金属より形成された多層構造とすることである。また、第5の手段は、上記の薄膜金属層をプラチナ(Pt)、コバルト(Co)、金(Au)、パラジウム(Pd)、ニッケル(Ni)、マグネシウム(Mg)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、ビスマス

(Bi) またはレニウム (Re) の内の少なくとも1種類の金属により形成することである。更に、第6の手段は、上記の厚膜正電極をプラチナ (Pt)、コバルト (Co)、金 (Au)、パラジウム (Pd)、ニッケル (Ni)、マグネシウム (Mg)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、バナジウム (V)、銅 (Cu)、スズ (Sn) またはロジウム (Rh) の内の少なくとも1種類の金属により形成することである。

【0006】また、上記の半導体発光素子を製造する方法には、以下の手段がある。即ち、第7の手段は、p型半導体側のコンタクト層に接続する光を反射する厚膜正電極を形成する前に、前記コンタクト層の上に発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層を形成し、この薄膜金属層を熱処理した後に前記厚膜正電極を形成することである。また、第8の手段は、上記の熱処理を酸素 (O_2) 雰囲気中で行うことである。

【0007】

【作用及び発明の効果】p型半導体側のコンタクト層とこのコンタクト層に接続する光を反射する厚膜正電極との間に発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層を設けたことにより、発光光度にムラがなく、高光度、低駆動電圧の発光素子を得ることができた。これは、この薄膜金属層の介在の結果、図1に示すコンタクト層107と薄膜金属層110との間の接触抵抗が接触面全体に渡って低く、一様で、且つ、オーミック性の良いものとなったためだと考えられる。また、上記薄膜金属層の材料として、前記の金属の内の少なくとも1種類の金属を用いれば、上記の接触抵抗をより小さくできるため、光度、駆動電圧の点でより優れた発光素子が得られる。また、上記厚膜正電極の材料として、前記の金属の内の少なくとも1種類の金属を用いれば、これらの金属は仕事関数が大きいため、より酸化されにくい電極が得られる。また、p型半導体側のコンタクト層に接続する光を反射する厚膜正電極を形成する前に、コンタクト層の上に発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層を形成し、この薄膜金属層を熱処理した後に厚膜正電極を形成することにより、更により発光光度にムラがなく、高光度、低駆動電圧の発光素子を得ることができた。これは、上記の熱処理の結果、図1に示すコンタクト層107と薄膜金属層110との間の接触抵抗が接触面全体に渡って更により低く、一様で、且つ、オーミック性の良いものとなったためだと考えられる。更に詳細な作用機構については、現段階では不明であるが、今のところその可能性としては、以下の(1)～(3)内の少なくとも1つではないかと考えられる。

(1) 薄膜金属層110は、非常に薄い(75Å)ので、粒界がないか、或いは、粒界が非常に密でムラがないため。

(2) 薄膜金属層110は、非常に薄い(75Å)ので、薄膜金属層110の内部の歪み(応力)が小さいた

め。

(3) コンタクト層107との接触面において、コンタクト抵抗を低くするためには、酸素 (O_2) もしくは何らかの気相との接触が必要となるため。

重要なことは、上記の薄膜金属層110の介在の結果、或いは更には、上記の熱処理により、発光光度にムラがなく、高光度、低駆動電圧の発光素子が間違いなく得られるということである。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。図1に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子100の断面図を示す。サファイヤ基板101の上には窒化アルミニウム (AlN) から成る膜厚約200Åのバッファ層102が設けられ、その上にシリコン (Si) ドープのGaN から成る膜厚約4.0 μmの高キャリア濃度 n^+ 層103が形成されている。この高キャリア濃度 n^+ 層103の上にSiドープのn型GaN から成る膜厚約0.5 μmのクラッド層104が形成されている。そして、クラッド層104の上に単一量子井戸構造 (SQW) の中心となる膜厚約500Åの活性層105が形成されている。活性層105の上にはp型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成る膜厚約600Åのクラッド層106が形成されている。さらに、クラッド層106の上にはp型GaN から成る膜厚約1500Åのコンタクト層107が形成されている。

【0009】又、コンタクト層107の上には金属蒸着による薄膜金属層110が、 n^+ 層103上には負電極140が形成されている。薄膜金属層110は、コンタクト層107に接合する膜厚約15Åのコバルト (Co) より成る薄膜金属層第1層111と、Coに接合する膜厚約60Åの金 (Au) より成る薄膜金属層第2層112とで構成されている。厚膜正電極120は、膜厚約500Åのニッケル (Ni) より成る厚膜正電極第1層121と、膜厚約500Åのチタン (Ti) より成る厚膜正電極第2層122と、膜厚約5000Åのニッケル (Ni) より成る厚膜正電極第3層123とを薄膜金属層110の上から順次積層させることにより構成されている。多層構造の負電極140は、膜厚約175Åのバナジウム (V) 層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム (Al) 層142と、膜厚約500Åのバナジウム (V) 層143と、膜厚約5000Åのニッケル (Ni) 層144とを高キャリア濃度 n^+ 層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。また最上部には、 SiO_2 膜より成る保護膜130が形成されている。

【0010】次に、この発光素子100の製造方法について説明する。上記発光素子100は、有機金属気相成長法 (MOVPE法) による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア (NH_3)、キャリアガス (H_2 , N_2)、トリメチルガリウム ($Ga(CH_3)_3$) (以下「TM

G」と記す)、トリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム($\text{In}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMI」と記す)、シラン(SiH_4)とシクロペンタジエニルマグネシウム($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) (以下「 CP_2Mg 」と記す)である。まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とした単結晶の基板101をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で H_2 を反応室に流しながら温度1150℃で基板101をベーキングした。次に、基板101の温度を400℃まで低下させて、 H_2 、 NH_3 及びTMAを供給してAINのバッファ層102を約200Åの膜厚に形成した。

【0011】次に、基板101の温度を1150℃にまで上げ、 H_2 、 NH_3 、TMG及びシランを供給し、膜厚約4.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパのGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層103を形成した。次に、基板101の温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG及びシランを供給して、膜厚約0.5μm、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパのGaNから成るクラッド層104を形成した。上記のクラッド層104を形成した後、結晶温度を850℃に降温し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG及びTMIを供給して、膜厚約500Åの $\text{Ga}_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{N}$ から成る活性層105を形成した。

【0012】次に、基板101の温度を1000℃に昇温し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG、TMA及び CP_2Mg を供給して、膜厚約50nm、マグネシウム(Mg)をドーパしたp型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成るクラッド層106を形成した。次に、基板101の温度を1000℃に保持し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG及び CP_2Mg を供給して、膜厚約100nm、Mgをドーパしたp型GaNから成るコンタクト層107を形成した。次に、コンタクト層107の上にエッチングマスクを形成し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分のコンタクト層107、クラッド層106、活性層105、クラッド層104、 n^+ 層103の一部を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、 n^+ 層103の表面を露出させた。次に、以下の手順で、 n^+ 層103に接合する負電極140と、コンタクト層107に接合する薄膜金属層110とを形成した。

【0013】(1) フォトリソグرافィにより n^+ 層103の露出面上の所定領域に窓を形成して、 10^{-6} Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約175Åのバナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム(Al)層142と、膜厚約500Åのバナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144とを順次蒸着した。次に、フォトリソグرافィを除去する。これにより n^+ 層103の露出面上に負電極140が形成される。

(2) 次に、表面上にフォトリソグرافィを一樣に塗布して、フォトリソグرافィにより、コンタクト層107の上の

薄膜金属層110形成部分のフォトリソグرافィを除去して、窓部を形成する。

(3) 蒸着装置にて、フォトリソグرافィ及び露出させたコンタクト層107上に、 10^{-6} Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約15ÅのCoを成膜し、このCoより形成された薄膜金属層第1層111の上に膜厚約60ÅのAuより成る薄膜金属層第2層112を成膜する。

(4) 次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法によりフォトリソグرافィ上に堆積したCo、Auを除去し、コンタクト層107上に薄膜金属層110を形成する。

(5) その後、発光ムラの発生を抑止するための薄膜金属層110の熱処理を行った。即ち、試料雰囲気真空ポンプで排気し、 O_2 ガスを供給して圧力10Paとし、その状態で雰囲気温度を約570℃にして、約4分程度加熱した。

【0014】上記の工程により形成された薄膜金属層110上に、更に、厚膜正電極120を形成するために、フォトリソグرافィを一樣に塗布して、厚膜正電極120の形成部分のフォトリソグرافィに窓を開ける。その後、膜厚約500Åのニッケル(Ni)層121と、膜厚約500Åのチタン(Ti)層122と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層123とを薄膜金属層110の上に順次蒸着により成膜させ、(4)の工程と同様にリフトオフ法により厚膜正電極120を形成する。最後に、エレクトロンビーム蒸着により、最上層に一樣に SiO_2 より成る保護膜130を形成し、フォトリソグرافィの塗布、フォトリソグرافィ工程を経て、厚膜正電極120および負電極140に外部露出部分ができるようにほぼ同面積の窓をそれぞれ一つづつウエットエッチングにより形成する。このようにして、発光素子100を形成した。

【0015】図2に、性能比較を行うために試作された半導体発光素子300(図3)と本発明による上記の半導体発光素子100との性能比較表を示す。半導体発光素子300(図3)は、半導体発光素子100と同様の厚膜正電極120を半導体発光素子100作成時と同様の方法で直接コンタクト層107に形成したものである。この表より、薄膜金属層110を有する本発明の半導体発光素子100の方が、光度、駆動電圧の両面において薄膜金属層110を有しない上記試作の半導体発光素子300よりも優れていることが分かる。

【0016】また、発光素子300におけるニッケル(Ni)より形成された膜厚500Åの厚膜正電極第1層121に対して、薄膜金属層110の形成時と同様の熱処理を行った結果、半導体発光素子300の光度は変わらず、駆動電圧は逆に上昇した。このことから、薄膜金属層110の厚さは、その金属の種類にも多少依存するものの、500Å以下でなければならないことが判った。また、50Åよりも薄い場合には、膜厚を一樣にすることが難しく、また膜厚が薄過ぎて薄膜金属層110の効果が出にくくなる。

【0017】また、薄膜金属層110を積層した後の上記(5)の熱処理は、酸素(O_2)雰囲気中にて行ったが、酸素は、極微量の酸素分子、酸素原子を含むガスまたはプラズマであってもよい。従って、上記の熱処理の酸素雰囲気としては、例えば、 O_2 、 O_3 、CO、 CO_2 、NO、 N_2O 、 NO_2 または、 H_2O の少なくとも1種又はこれらの混合ガス、或いは、 O_2 、 O_3 、CO、 CO_2 、NO、 N_2O 、 NO_2 または、 H_2O の少なくとも1種と、 N_2 またはHe、Ne、Ar、Krなどの不活性ガスとの混合ガス、或いは、 O_2 、 O_3 、CO、 CO_2 、NO、 N_2O 、 NO_2 または、 H_2O の混合ガスと、 N_2 またはHe、Ne、Ar、Krなどの不活性ガスとの混合ガス等を用いることもできる。これらのガスを使用した場合にも、接触抵抗の低抵抗化の実現による本発明の効果を達成することができる。

【0018】また、上記実施例では、上記(5)の熱処理において、10Paの O_2 ガス雰囲気を用いたが、 O_2 ガスの圧力は、これ以上であっても十分な効果を発揮する。例えば、 N_2 ガスに対して1%の O_2 ガスを含ませ、その O_2 ガスの分圧を100Paとした雰囲気中での熱処理を行ったが、同様の効果が得られた。即ち、圧力或いは酸素ガスの分圧は、上述した圧力の範囲で全て適用可能である。

【0019】また、上記実施例では、上記(5)の熱処理において、加熱温度を570℃としたが、加熱温度は、400～700℃の範囲で適用可能であり、望ましくは、450～650℃の範囲が良い。400℃未満で熱処理されると、薄膜金属層110はオーミック特性を示さず、700℃よりも高い温度で熱処理されると、素子の形に変形が発生しやすくなり、発光や反射光の方向性に問題が生じる。このため、熱処理温度は、400～700℃の範囲が良い。

【0020】また、上記実施例では、薄膜金属層110は、膜厚約15Åのコバルト(Co)より成る薄膜金属層第1層111と、Coに接合する膜厚約60Åの金(Au)より成る薄膜金属層第2層112とで構成されているが、薄膜金属層は、プラチナ(Pt)、コバルト(Co)、金(Au)、パラジウム(Pd)、ニッケル(Ni)、マグネシウム(Mg)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、ビスマス(Bi)またはレニウム(Re)の内の少なくとも1種類の金属を含んでいる単層構造の金属層であっても、また、これらの金属を2種類以上含んだ多層構造の金属層であっても本実施例と同様の効果が得られる。

【0021】また、上記実施例では、厚膜正電極120は、膜厚約500Åのニッケル(Ni)より成る厚膜正電極第1層121と、膜厚約500Åのチタン(Ti)より成る

厚膜正電極第2層122と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)より成る厚膜正電極第3層123とを薄膜金属層110の上から順次積層させることにより構成されているが、厚膜正電極は、プラチナ(Pt)、コバルト(Co)、金(Au)、パラジウム(Pd)、ニッケル(Ni)、マグネシウム(Mg)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)、銅(Cu)、スズ(Sn)またはロジウム(Rh)の内の少なくとも1種類の金属を含んでいる単層構造の電極であっても、また、これらの金属を2種類以上含んだ多層構造の電極であっても本実施例と同様の効果が得られる。

【0022】なお、上記の実施例では、発光素子100の活性層105はSQW構造としたが、活性層の構造は、MQW構造でもよい。また、活性層、クラッド層、コンタクト層、その他の層は、任意の混晶比の4元、3元、2元系の $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)としても良い。又、p型不純物としてMgを用いたがベリリウム(Be)、亜鉛(Zn)等の2族元素を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子100の断面図。

【図2】半導体発光素子100と半導体発光素子300の性能比較表。

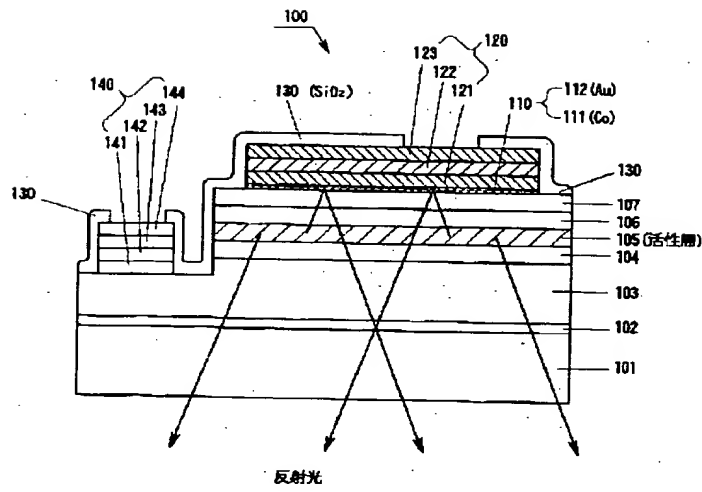
【図3】性能比較を行うために試作された半導体発光素子300の断面図。

【図4】従来技術によるフリップチップ型の半導体発光素子400の断面図。

【符号の説明】

- 101…サファイヤ基板
- 102…AlNバッファ層
- 103…n型のGaN層
- 104…n型のGaNクラッド層
- 105…活性層
- 106…p型のAlGaInクラッド層
- 107…p型のGaInコンタクト層
- 110…薄膜金属層
- 111…薄膜金属層第1層
- 112…薄膜金属層第2層
- 120、420…厚膜正電極
- 121…厚膜正電極第1層
- 122…厚膜正電極第2層
- 123…厚膜正電極第3層
- 130…保護膜
- 140…多層構造の負電極

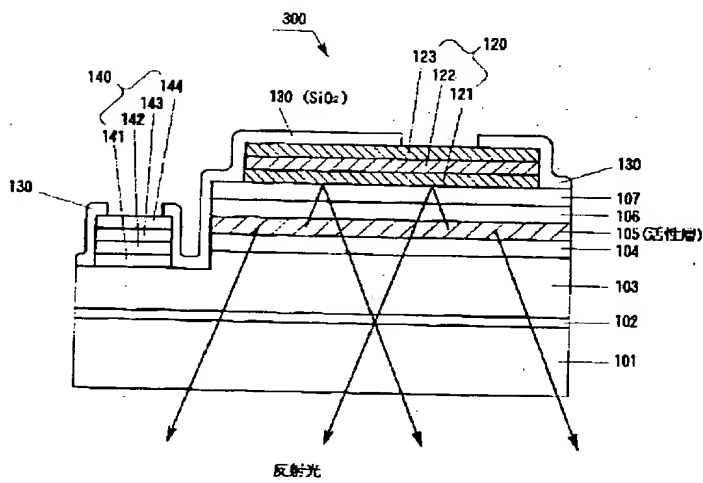
【図1】



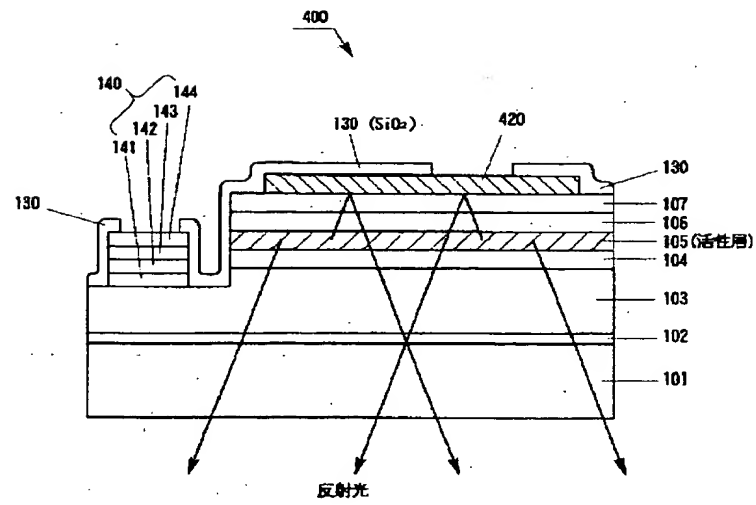
【図2】

	相对光度	駆動電圧
発光素子 100	120	3.7 (V)
発光素子 300	100	4.1 (V)

【図3】



【図4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)